

## **Scenarii et défis pour nourrir le monde en 2050**

### **Présentation et enseignements de la prospective Agrimonde**

bruno.dorin@cirad.fr

Ecole Nationale des Services Vétérinaires (VetAgro Sup), Lyon, 9 septembre 2010

# La prospective Agrimonde (introduction)

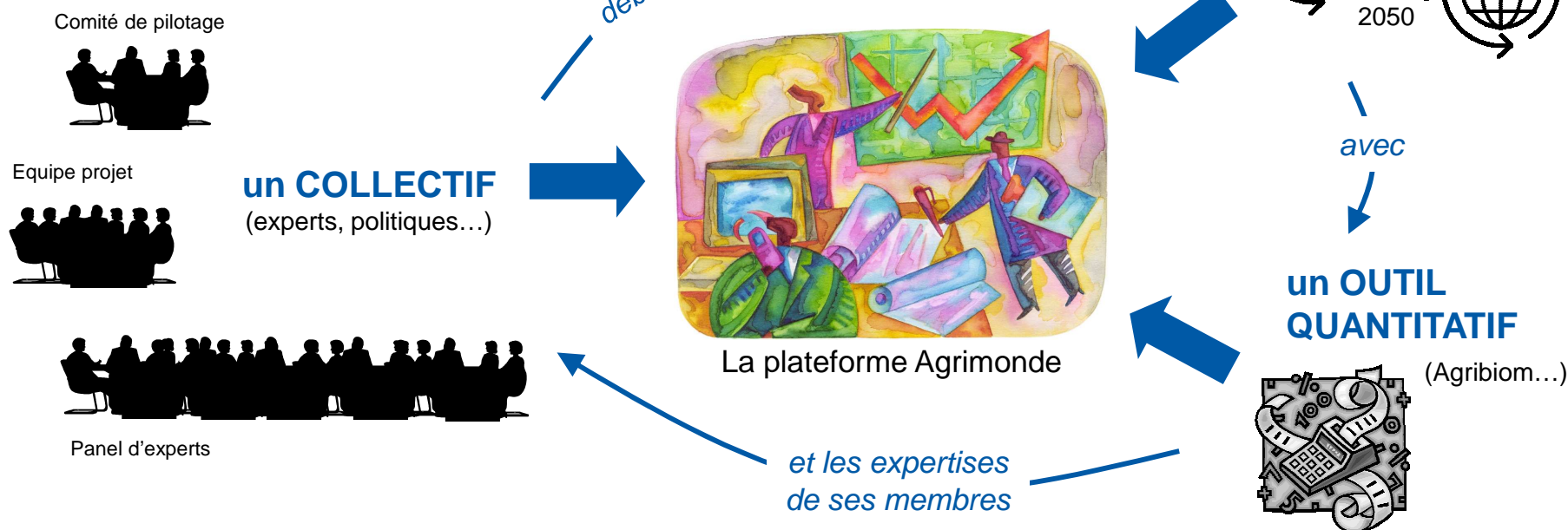
## Un projet conjoint INRA-CIRAD (2006-2009 = 1<sup>ère</sup> phase)

- Institut National de la Recherche Agronomique ([www.inra.fr](http://www.inra.fr))
- Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement ([www.cirad.fr](http://www.cirad.fr))
- sous le GIP **IFRAI** (Initiative Française pour la Recherche Agricole Internationale)

## Objectifs

- (1) explorer des futurs possibles d'agricultures et d'alimentations à l'horizon 2050
- (2) identifier des grands enjeux pour la recherche agronomique française
- (3) contribuer à des débats internationaux sur l'agriculture, l'alimentation, l'environnement

## Une plateforme à trois composantes



# Objectifs et architecture d'Agribiom

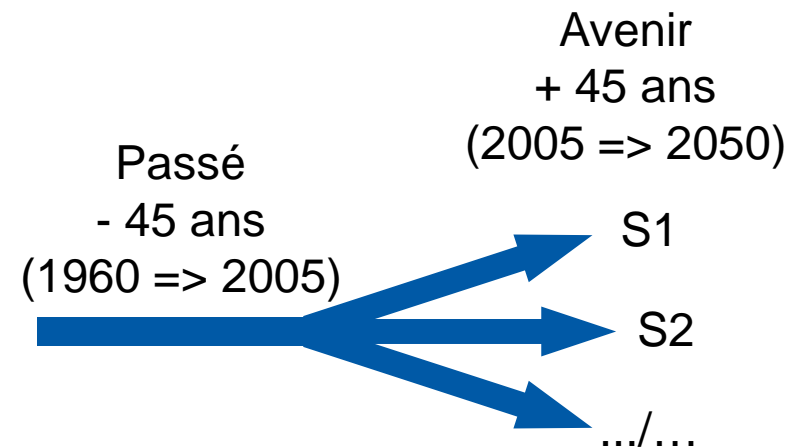
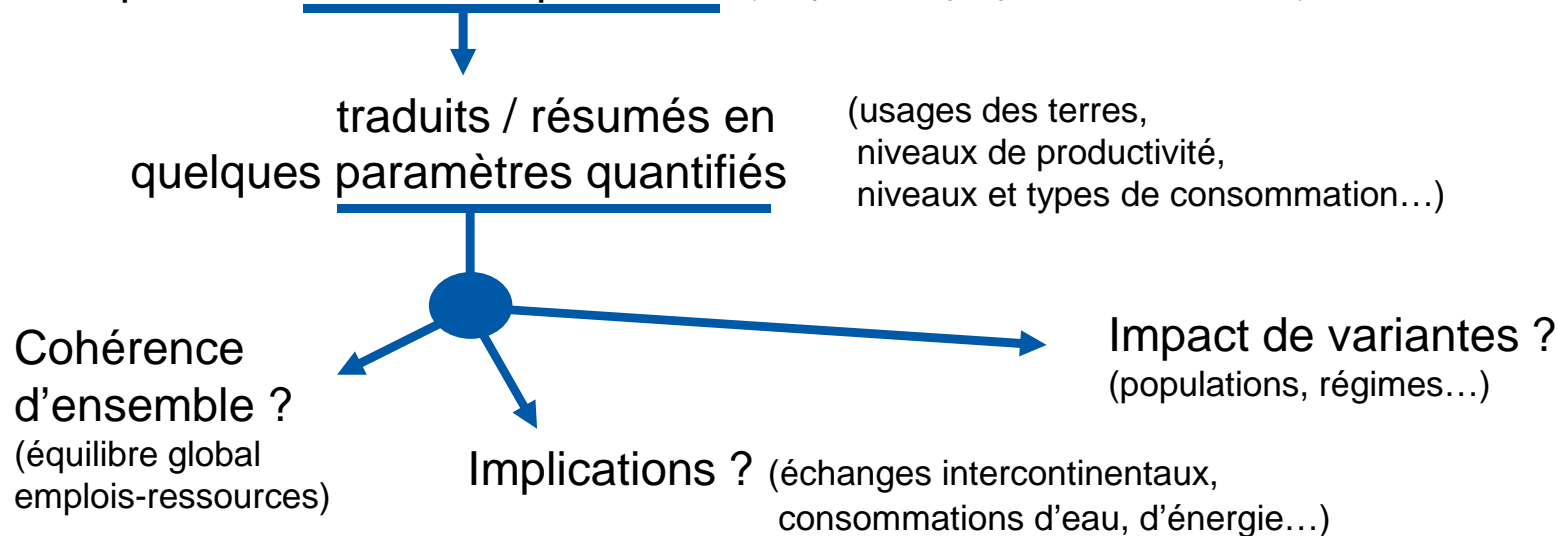
Un module quantitatif pour  
la rétro-prospective collective  
et la modélisation hybride  
des productions, échanges et usages globaux de biomasses

## 1 L'ambition

Disposer d'un outil quantitatif pour :

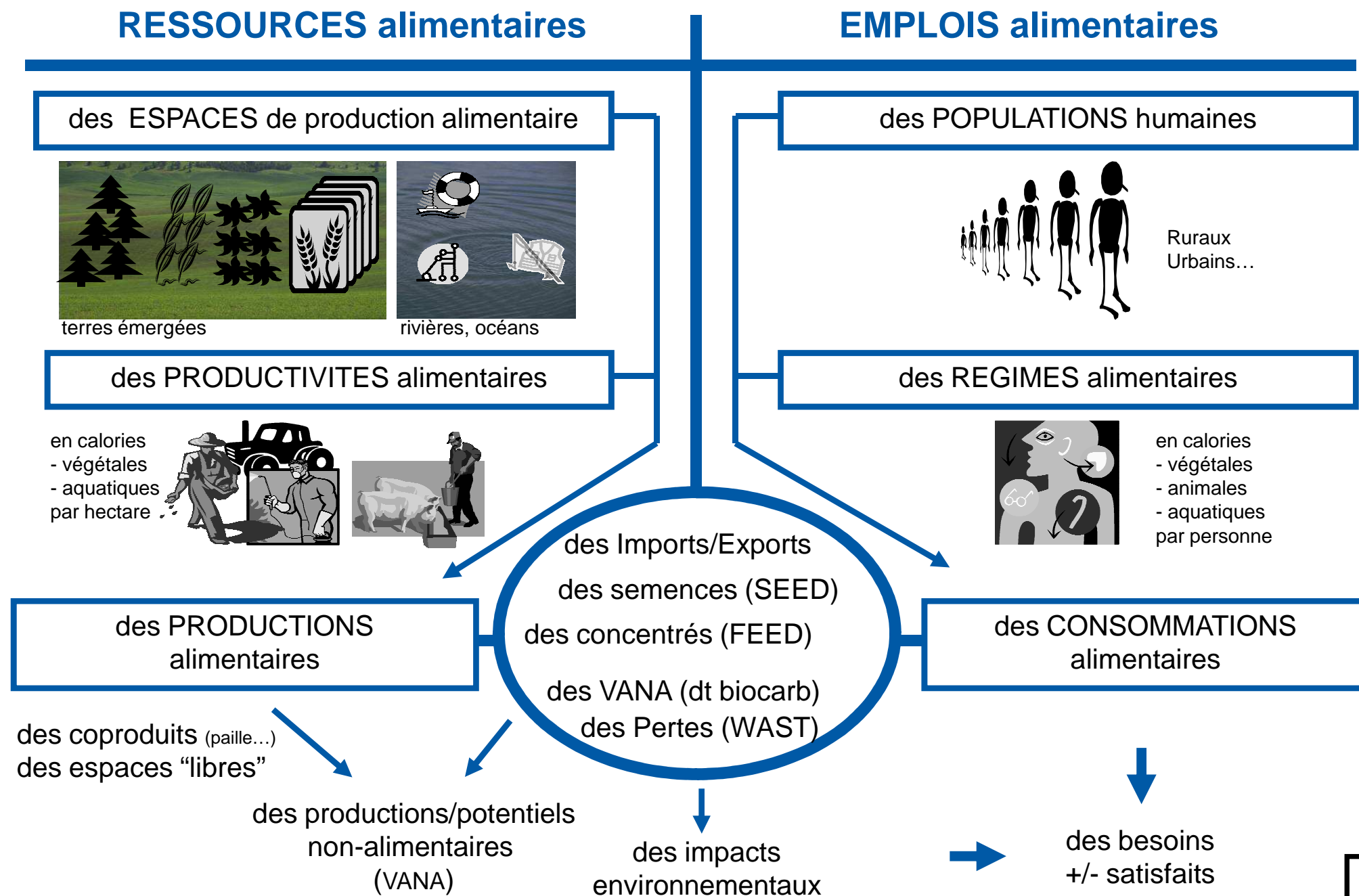
(1) revisiter le passé,  
mieux le comprendre (nouvelles estimations,  
nouveaux modèles...)

(2) débattre l'avenir  
...à partir de scénarios qualitatifs (conjectures propres ou extérieures)



## ② Le moteur comptable

Des équilibres physiques R/E de biomasses alimentaires reconstitués (1961-2003) et/ou simulés sur plus de 97% des surfaces terrestres (149 «pays»)



### ③ Les rubriques comptables

- 5 « compartiments » de biomasses alimentaires (seulement...)



#### VEGETAUX

Céréales : blé, riz, orge, maïs...  
Saccharifères : cane, betterave...  
Légumineuses : pois, lentilles...  
Oléagineux : soja, arachide, coco...  
Racines : manioc, pdt, igname...  
Fruits & légumes : pomme, oignon...  
Stimulants : cacao, café, alcool...



#### RUMINANTS

Viandes : bovins, caprins, ovins...  
Lait, Beurre, Graisses animales...

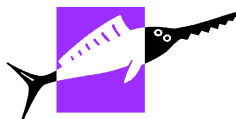


#### MONOGASTRIQUES

Viandes : volailles, porc...  
Œufs...



#### EAUX DOUCES (Poissons...)



#### EAUX MARINES

Perciformes, Pélagiques... Huiles...

- D'autres productions (non-alim...)

Fibres, Tabac, Caoutchouc,  
Fourrages, Bois...

1961-2003 : 120 lignes de produits Faostat1 (*Commodity Balances*)

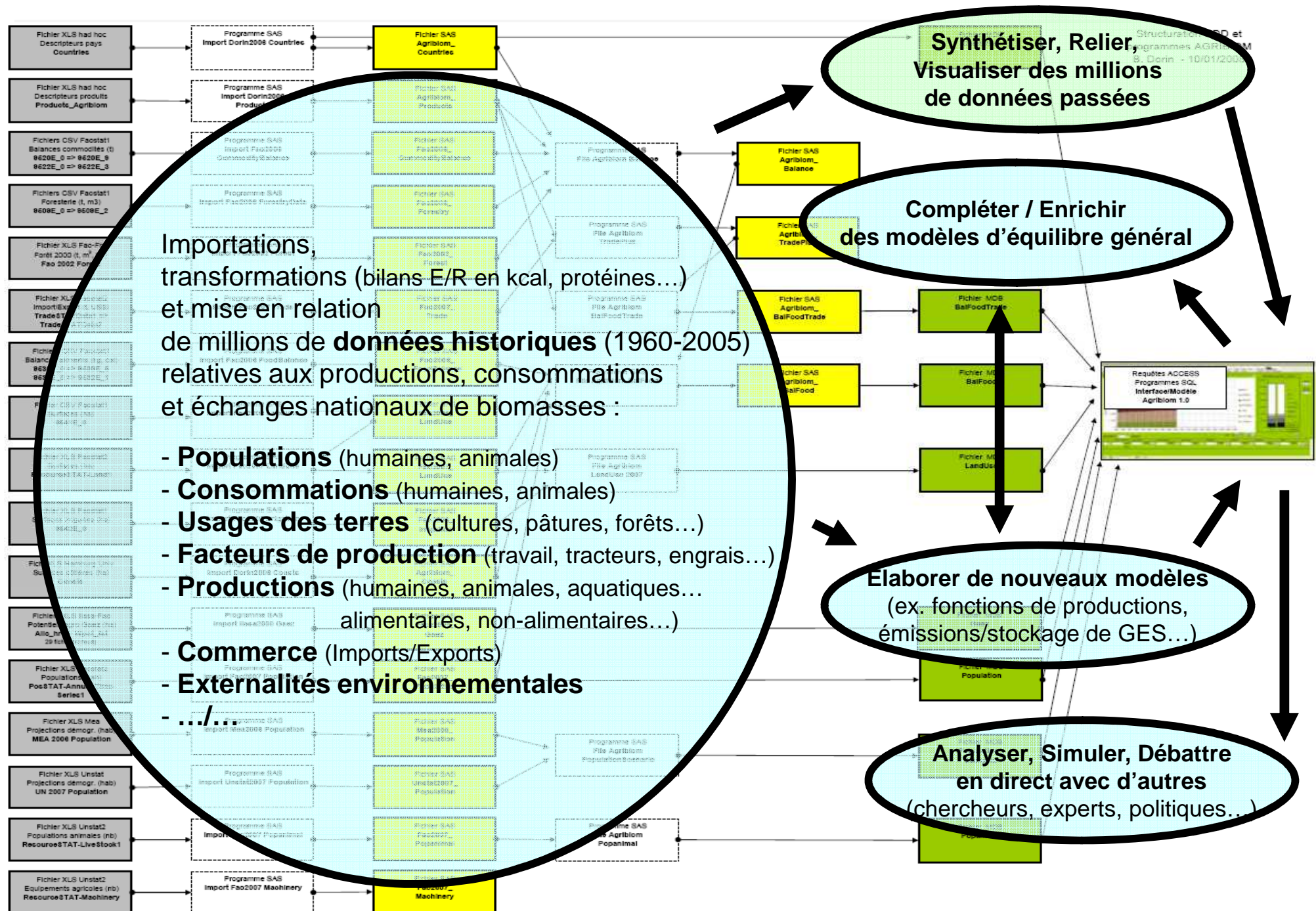
### ④ L' unité de compte

- La CALORIE ALIMENTAIRE  
(ou équivalent pour tourteaux, mélasses...)  
  
Calories totales = Glucides (4 kcal/g)  
+ Protéines (4 kcal/g)  
+ Lipides (9 kcal/g)

- Tonnes (ou m<sup>3</sup>) de MS  
dans certains cas :
  - Fibres, caoutchouc...
  - Résidus de cultures...
  - Fourrages...
  - Bois (de chauffage ou industriel)



# ⑤ La convergence vers une interface interactive



## ⑥ Une 1<sup>ère</sup> série de modèles robustes

### Des fonctions de productions animales

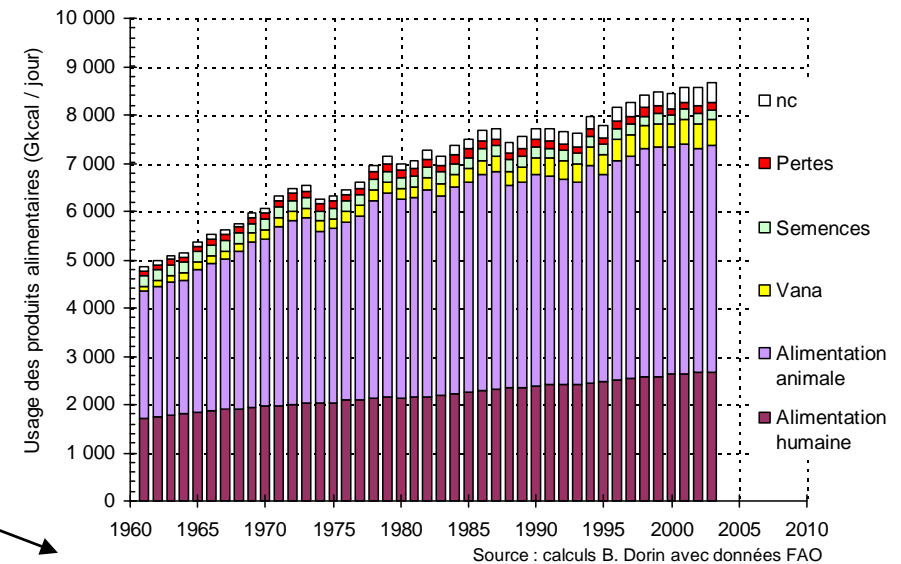
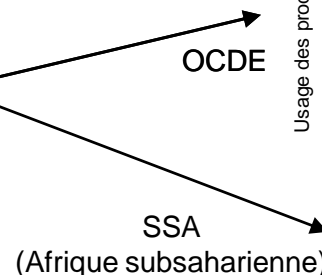
(B. Dorin & T. Le Cotty)

#### ■ Une modélisation via 2 fonctions interdépendantes

- Prod\_Rumi (Gkcal) = f (x1,x2, x3..., Prod\_Mono)
- Prod\_Mono (Gkcal) = f (x1,x2, x3..., Prod\_Rumi)

#### ■ Des facteurs explicatifs (x1, x2, x3...) :

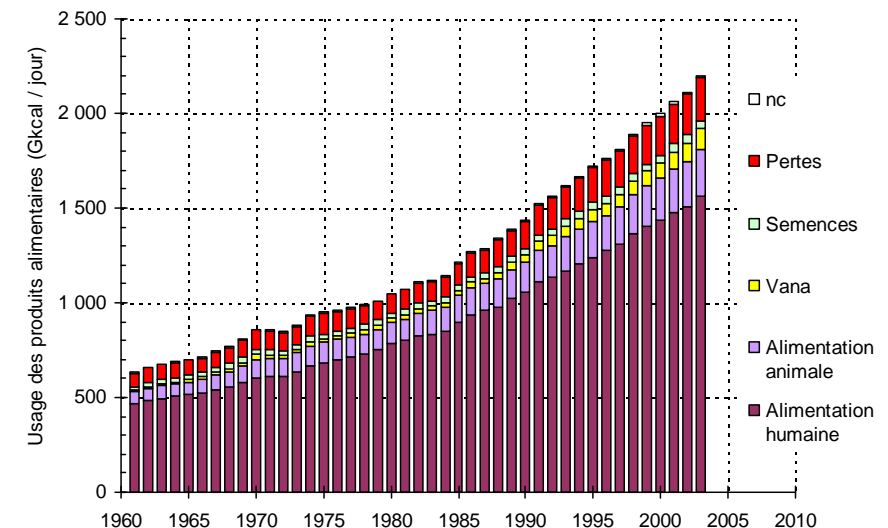
- **Produits alimentaires végétaux** (Gkcal)
- **Produits alimentaires animaux** (Gkcal)
- **Surfaces en pâture** (1 000 ha)
- Population active agricole (1 000 cap)
- Tracteurs (unités)
- .../...



( en 2003, les animaux OECD en consomment 3 fois plus que la population humaine SSA )

#### ■ Plusieurs modèles disponibles :

- **linéaires** / quadratiques
- CalTot / **CalPro** (unité pour les inputs de Feed, les outputs...)
- avec/sans «**Dummies**» (région, années...)
- avec/sans «**Trend**» (“progrès technique”)
- «**Régionaux**» (régions MEA...) ou «**Typologiques**» (agricoles/industriels, extensifs/intensifs...)
- .../...



#### ■ Résultats :

- très bonne reproduction multi-échelle des 40 dernières années de productions animales
- tests et modélisations “en direct” (changements de modèles, de coefficients, de niveaux de facteurs...)



## ⑦ Des équilibres physiques reconstitués ou simulés

Param									UTIL			PROD			EXIM		Delta	
D6MEA <input type="checkbox"/> ADM RZV 00 <input type="checkbox"/> 2050 <input type="checkbox"/>																		
	Population (Kcap)	Rations (kcal/1/cap)		FOOD (Gkcal/1)	FEED	VANA	SEED	WAST	Residu	Total (Gkcal/1)	Surfaces (Kha)		Rendement (kcal/1/ha)	Production (Gkcal/1)		Exp - Import (Gkcal/1)		
1	OCDE 1990	1 066 211	2500	3	2 666	4 314	329	165	414	390	8 276	495 000	400 000	23600	9 440	1 161	0	
			6	0	6	0	0	0	0	6	95 000	160 183	40	6	0	0	0	
			43	0	46	32	15	0	0	-12	81	3 295 546	581 321	62	80	0	0	
			251	0	268	91	142	0	5	59	554		576 226		934	430	0	
			200		213	0	1	5	3	-30	193				455	262	0	
2	Afrique Sub-Saharienne	1 662 000	2500	3	4 155	0	0	90	224	4	4 473	338 000	299 000	12400	3 708	-765	0	
			4	0	7	0	0	0	0	0	7	39 000	65 352	100	7	0	0	
			17	0	28	1	0	0	0	0	29	2 359 453	86 980	340	30	0	0	
			129	0	214	1	7	0	1	1	225		692 000		21	-203	0	
			350		582	0	0	0	0	3	585				-1	-585	0	
3	Ex-URSS	239 212	2500	3	598	3 585	184	90	230	-97	4 590	310 000	300 000	15300	4 590	0	0	
			4	0	1	0	0	0	0	0	1	10 000	62 436	14,09	1	0	0	
			33	0	8	2	0	0	0	-1	8	2 213 218	453 332	20	9	0	0	
			251	0	60	34	21	0	1	11	105		300 998		715	610	0	
			212		51	0	0	0	0	-11	39				182	142	0	
4	Asie	4 427 101	2500	3	11 068	1 939	596	298	744	232	14 877	559 000	539 000	27600	14 876	0	0	
			12	0	53	0	5	0	0	-1	57	20 000	77 749	740	58	0	0	
			76	0	336	32	3	0	0	-4	367	2 039 947	480 076	743	357	-11	0	
			159	0	704	37	32	0	13	-34	751		512 000		401	-349	0	
			253		1 120	0	2	5	7	-20	1 114				528	-586	0	
5	Amérique Latine	773 659	2500	3	1 934	3 386	248	124	310	197	6 200	310 000	250 000	24800	6 200	0	0	
			3	0	2	0	0	0	0	0	2	60 000	26 431	90,222	2	0	0	
			39	0	30	10	2	0	0	-7	38	2 039 563	283 808	161,427	46	11	0	
			261	0	104	11	46	0	3	14	260		444 625		554	295	0	
			207		160	0	0	2	3	-7	158				433	275	0	
6	Moyen Orient et Afrique du Nor	631 964	2500	3	1 560	0	0	35	68	52	1 755	89 000	88 800	15300	1 359	-396	0	
			4	0	3	0	0	0	0	0	3	200	14 757	150	2	0	0	
			36	0	23	3	0	0	0	-1	25	1 136 711	69 672	350	24	0	0	
			222	0	140	9	7	0	2	6	164		321 000		25	-139	0	
			238		150	0	0	1	1	-1	151				-2	-154	0	
TOTAL Zone					8 800 147		22 000	13 225	1 358	802	2 010	778	40 173	2 101 000	1 676 800	40 173	0	0
					72	0	5	0	0	-1	76	224 200	426 910		76	0	0	
					471	90	20	0	0	-25	546		2 355 190		546	0	0	
					1 580	173	264	0	26	55	2 061	13 076 440	2 646 848		2 711	644	0	
					2 276	0	3	13	14	-67	2 239	2 002			1 595	-645	0	



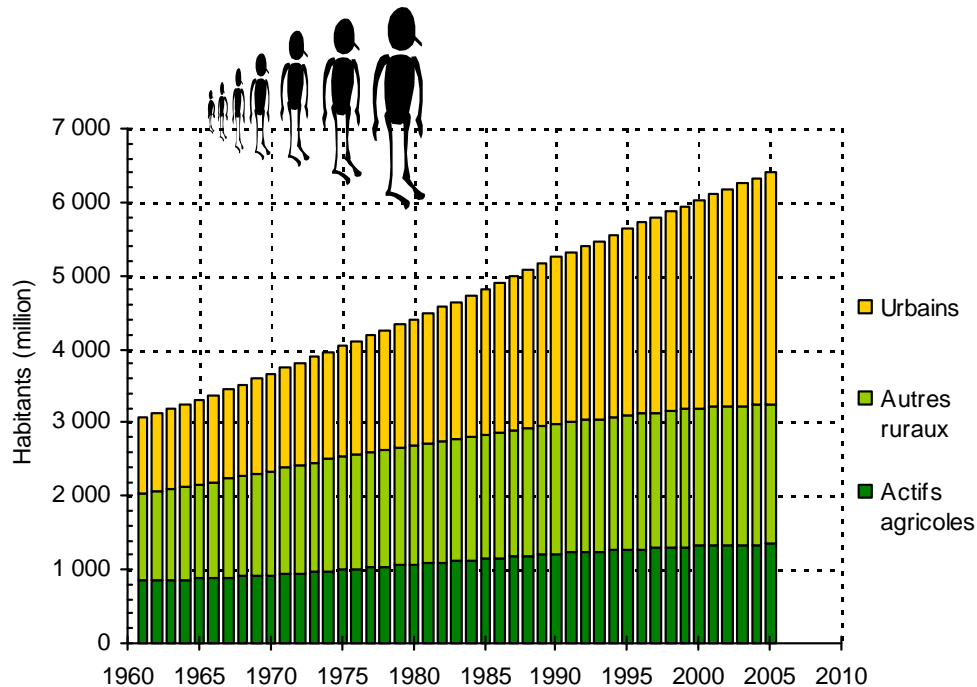
## Des tendances passées aux scénarios

Une brève rétrospective de l'économie alimentaire mondiale  
(1961-2003)

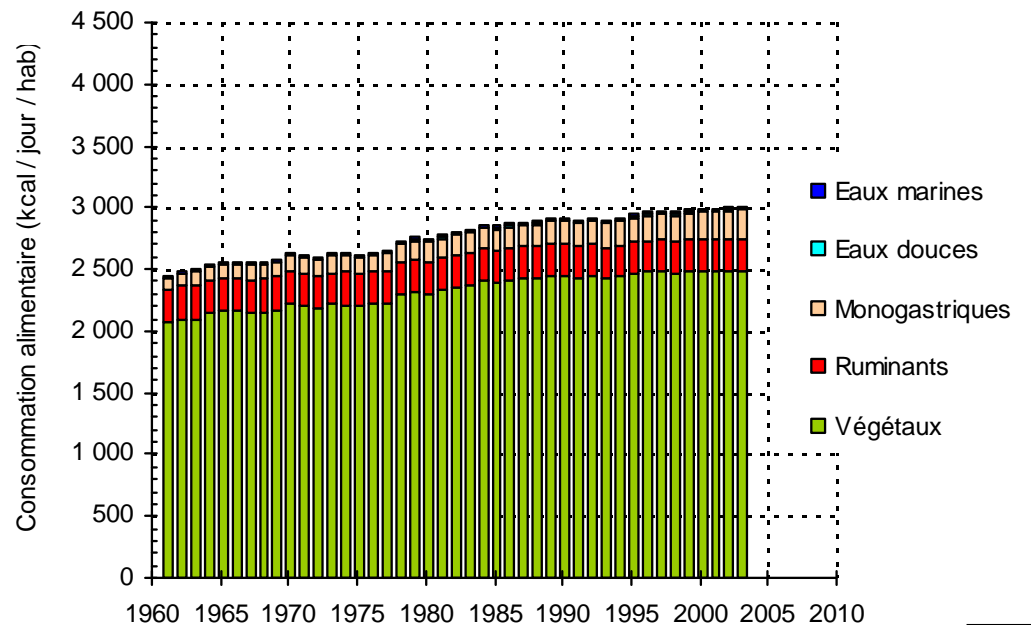
### ① La trajectoire mondiale

*Côté emplois :*

■ La population humaine double



■ La disponibilité alimentaire s'améliore...

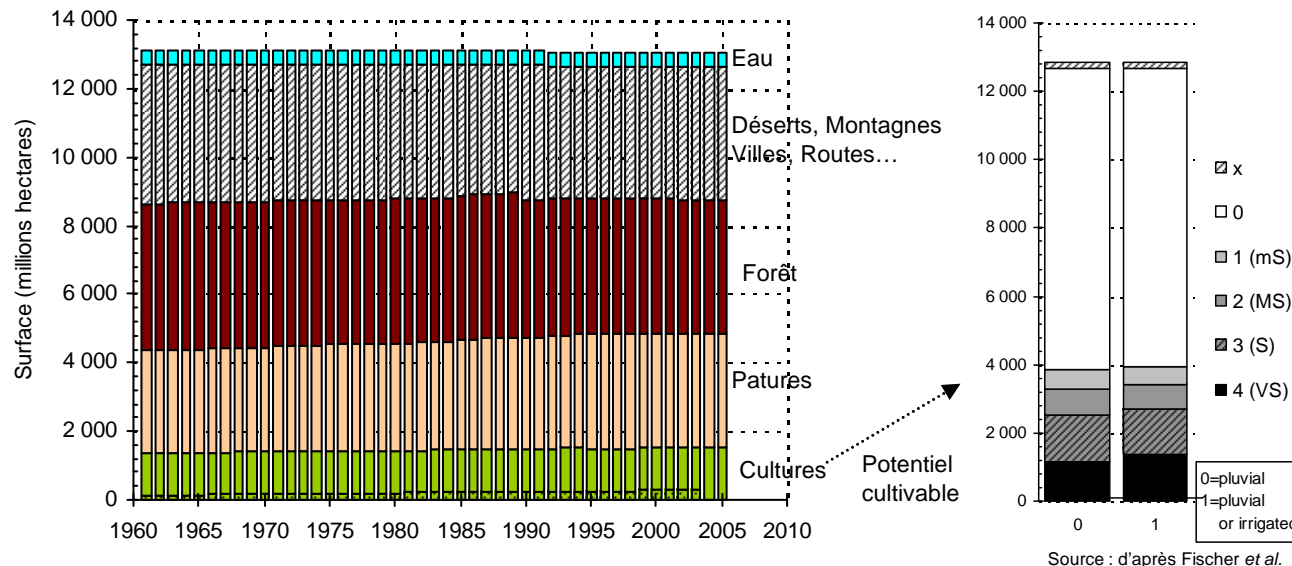


Source : calculs B. Dorin avec données FAO

## Côté ressources :

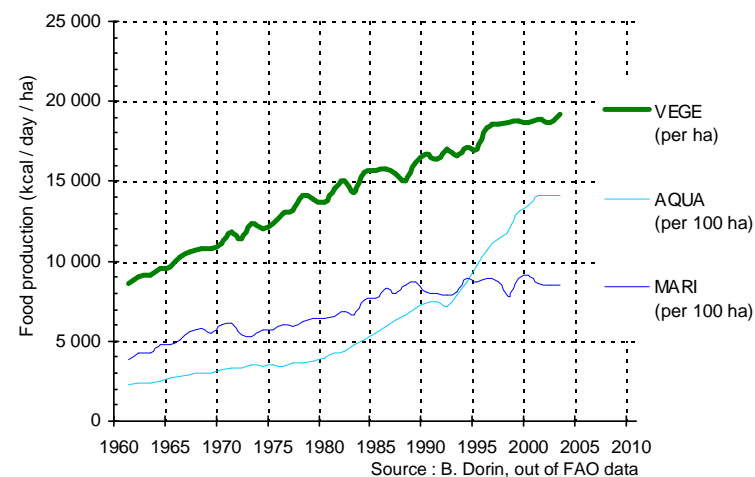
### La surface agricole ↗

- Pâtures : + 11% →
- Cultures : + 13% →

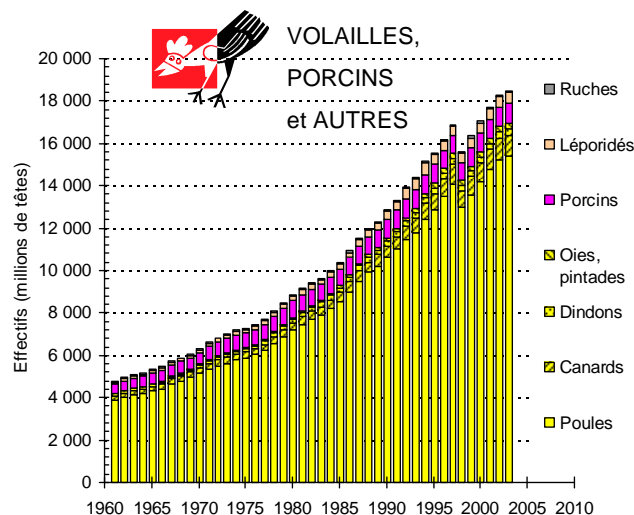
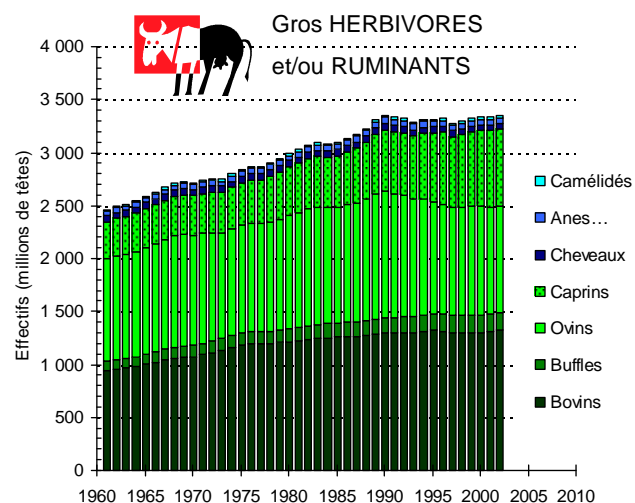


### Les productivités ↗

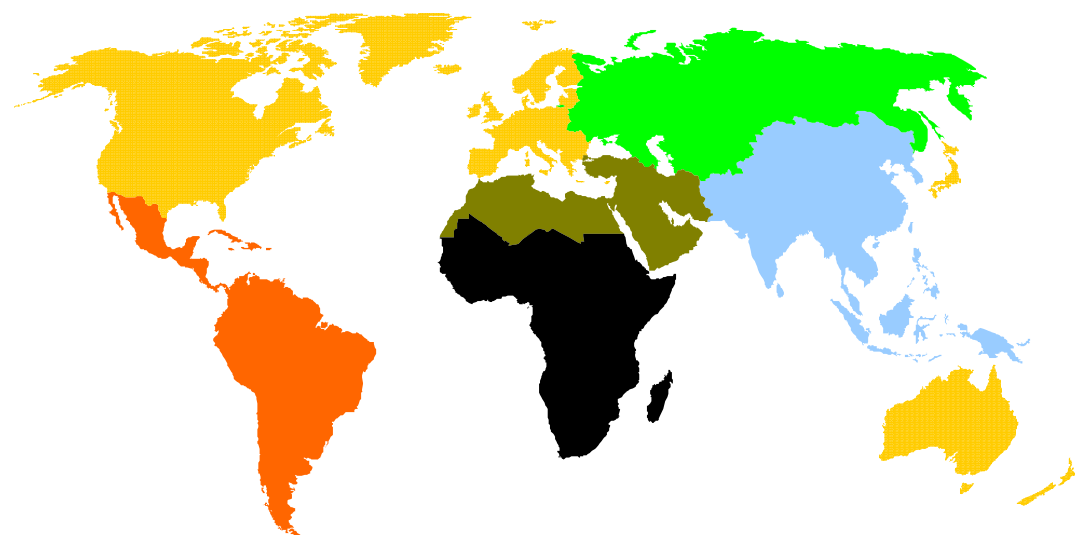
- Calories végétales / ha cultivé : + 123%
- Calories végétales / actif agricole : + 53%



### Les cheptels ↗



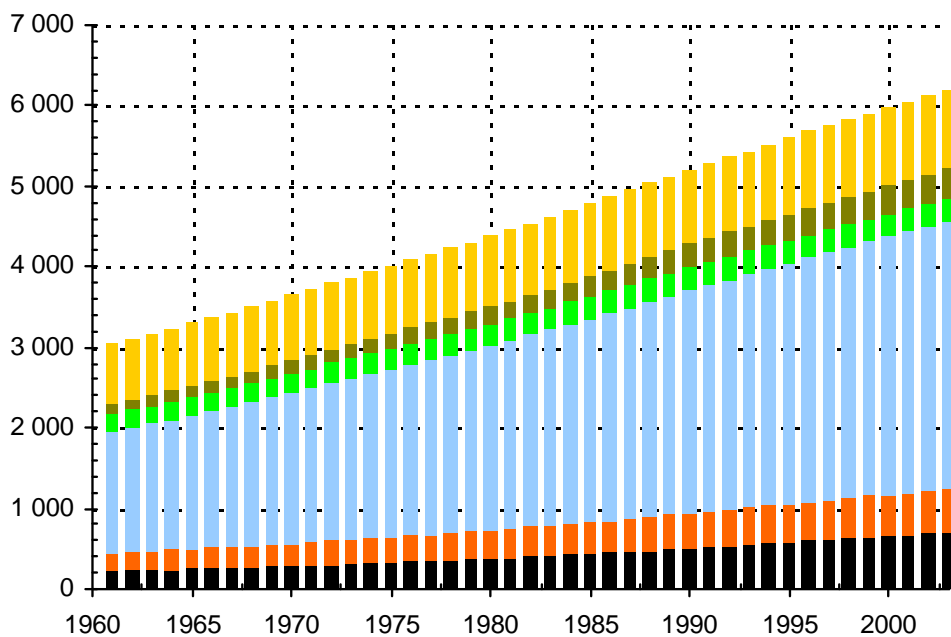
## ② Des trajectoires régionales disparates



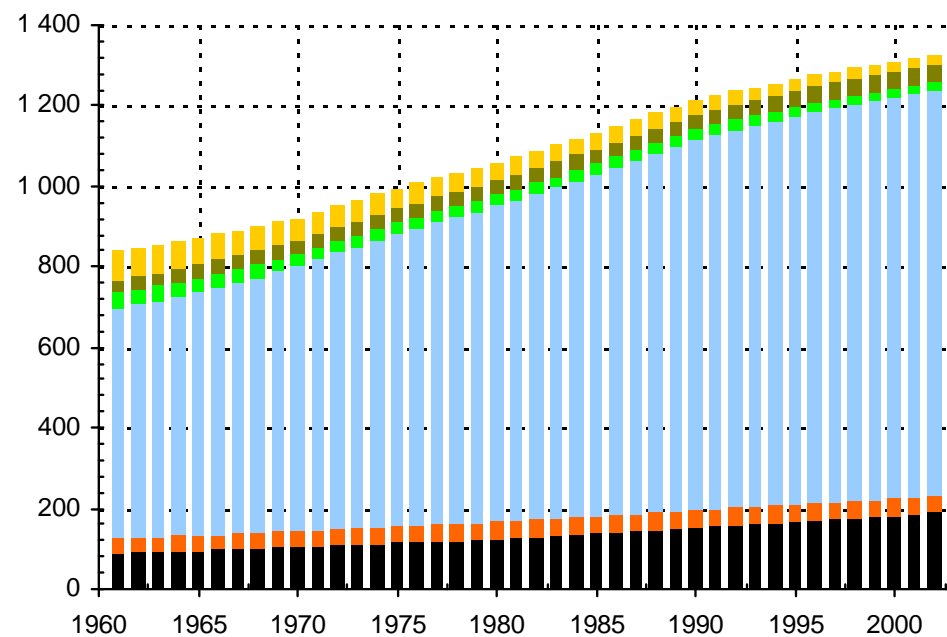
- OCDE 1990
- Moyen Orient et Afrique du Nord
- Ex-URSS
- Asie
- Amérique latine
- Afrique Subsaharienne

### ■ Populations humaines : des actifs agricoles massés en Asie et Afrique

Habitants (million)



Actifs agricoles (million)



Source : d'après données FAO



## ■ Une productivité record de la terre en ASIE

Note : 10 000 kcal

~ 2,4 kg de soja

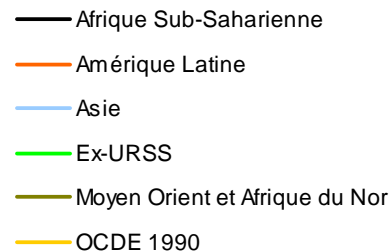
~ 2,8 kg de riz

~ 2,9 kg de pois

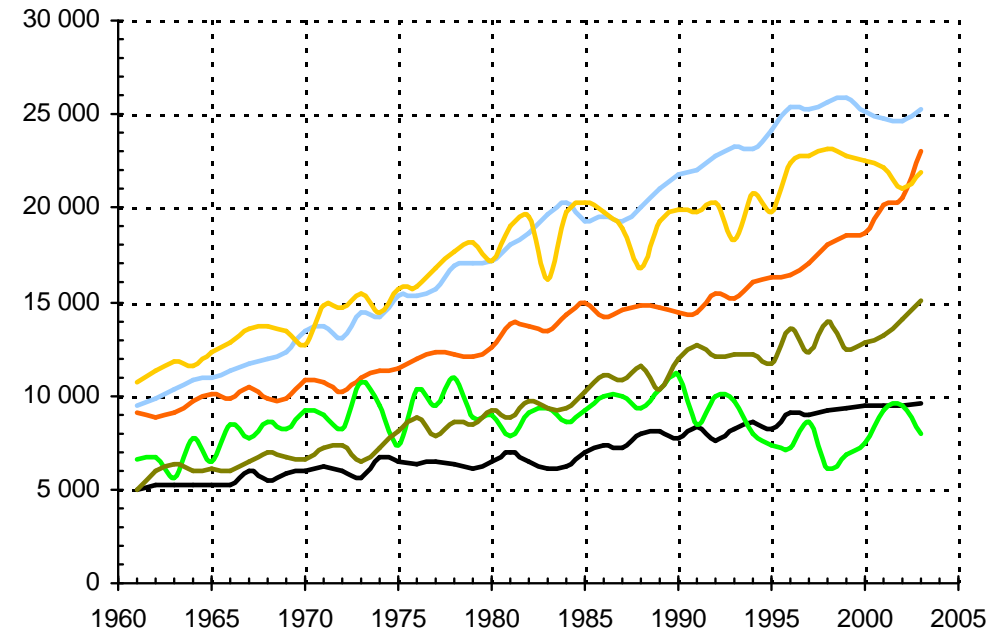
~ 3,0 kg de blé

~ 15,0 kg de pomme de terre

~ 58,8 kg de tomate



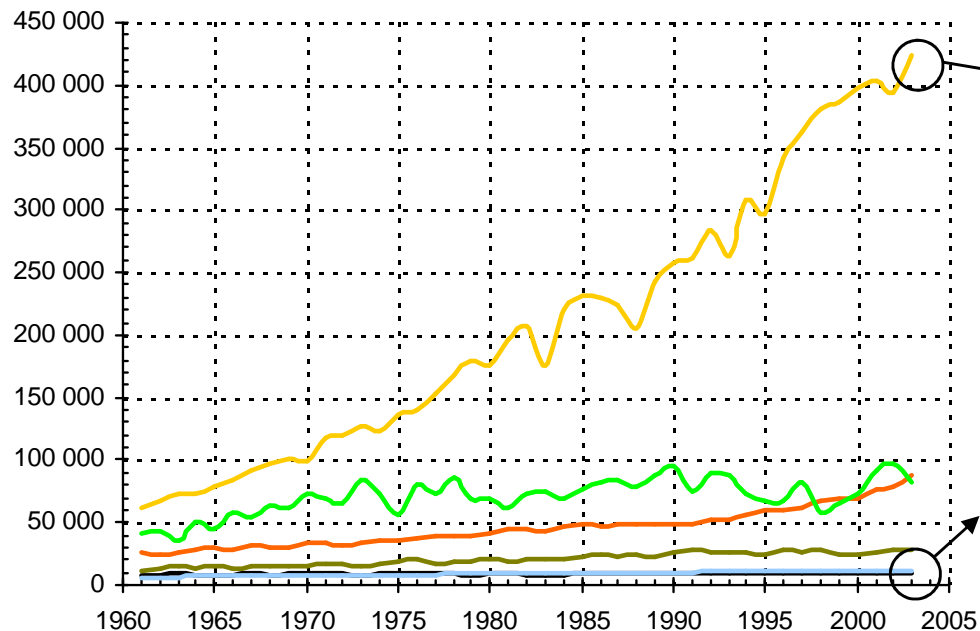
Kcal vég. / Jour / Ha cultivé



Source : calculs B. Dorin avec données FAO

## ■ Un boom de la productivité du travail en OCDE

Kcal vég. / Jour / Actif agricole



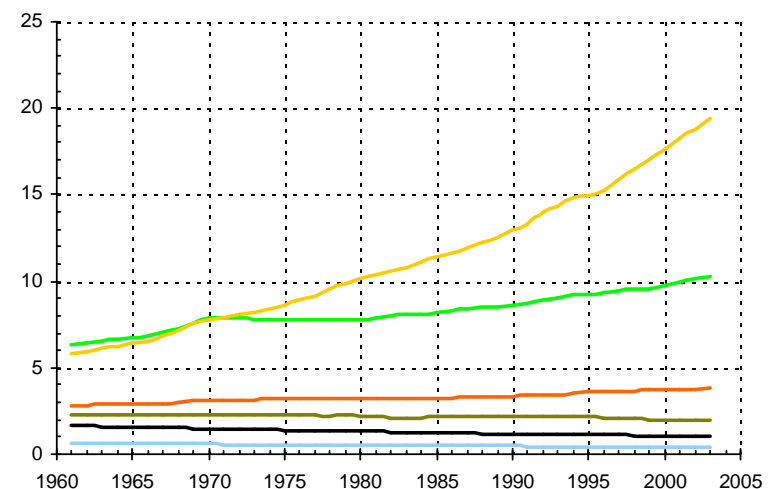
Source : calculs B. Dorin avec données FAO

OCDE  
423 800 kcal/actif  
19 ha/actif  
22 M actifs

Monde  
22 000 kcal/actif  
1,15 ha/actif  
1 331 M actifs

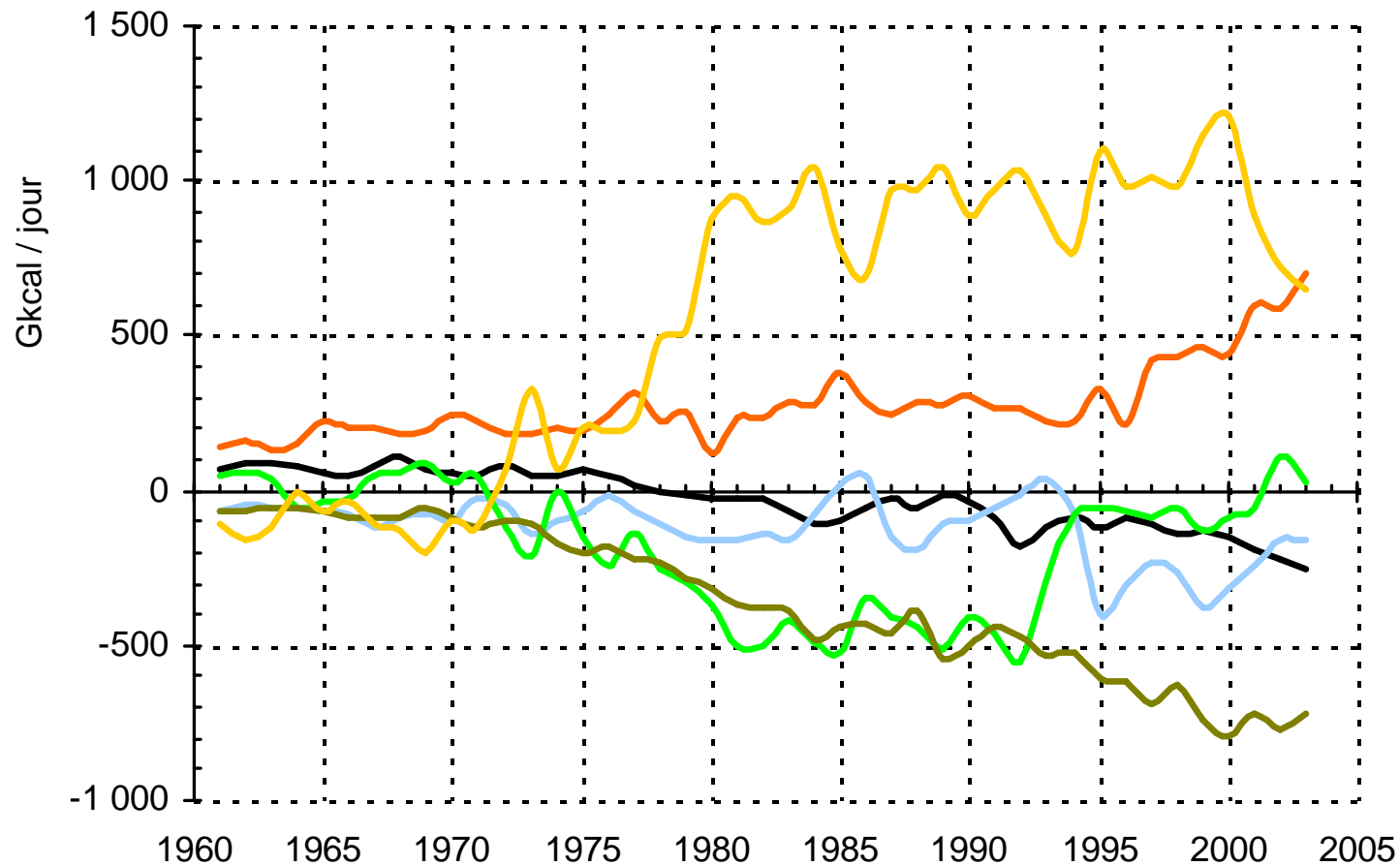
ASIE  
11,500 kcal/actif  
0,5 ha/actif  
1 011 M actifs

Disponibilité en terre (Ha cultivés / Actif)



Source : calculs B. Dorin avec données FAO

## ■ Une flambée du commerce pour écouler des excédents et combler des déficits

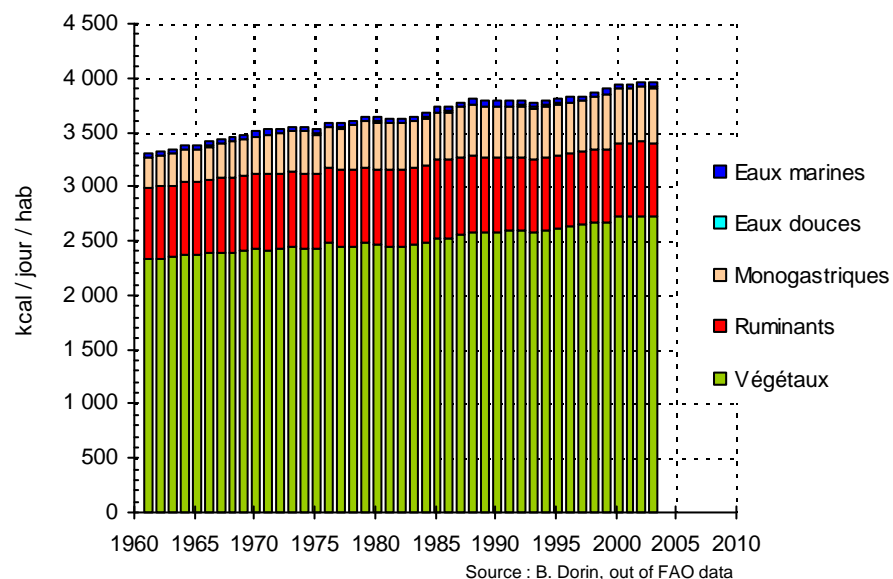


Commerce net de  
produits alimentaires végétaux  
(Exports – Imports)

Source : calculs B. Dorin avec données FAO

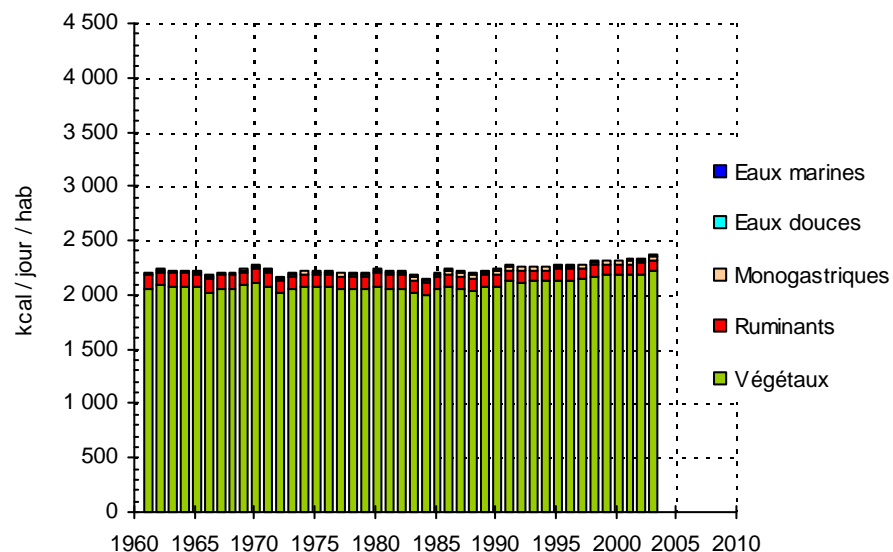
- Afrique Sub-Saharienne
- Amérique Latine
- Asie
- Ex-URSS
- Moyen Orient et Afrique du Nor
- OCDE 1990

## Des assiettes (disponibilités) encore très différemment garnies...



### OCDE

- protéines animales :  
71 g/jour sur 125 (60%)
- lipides animales :  
89 g/jour sur 165 (55%)



### Afrique Sub-saharienne

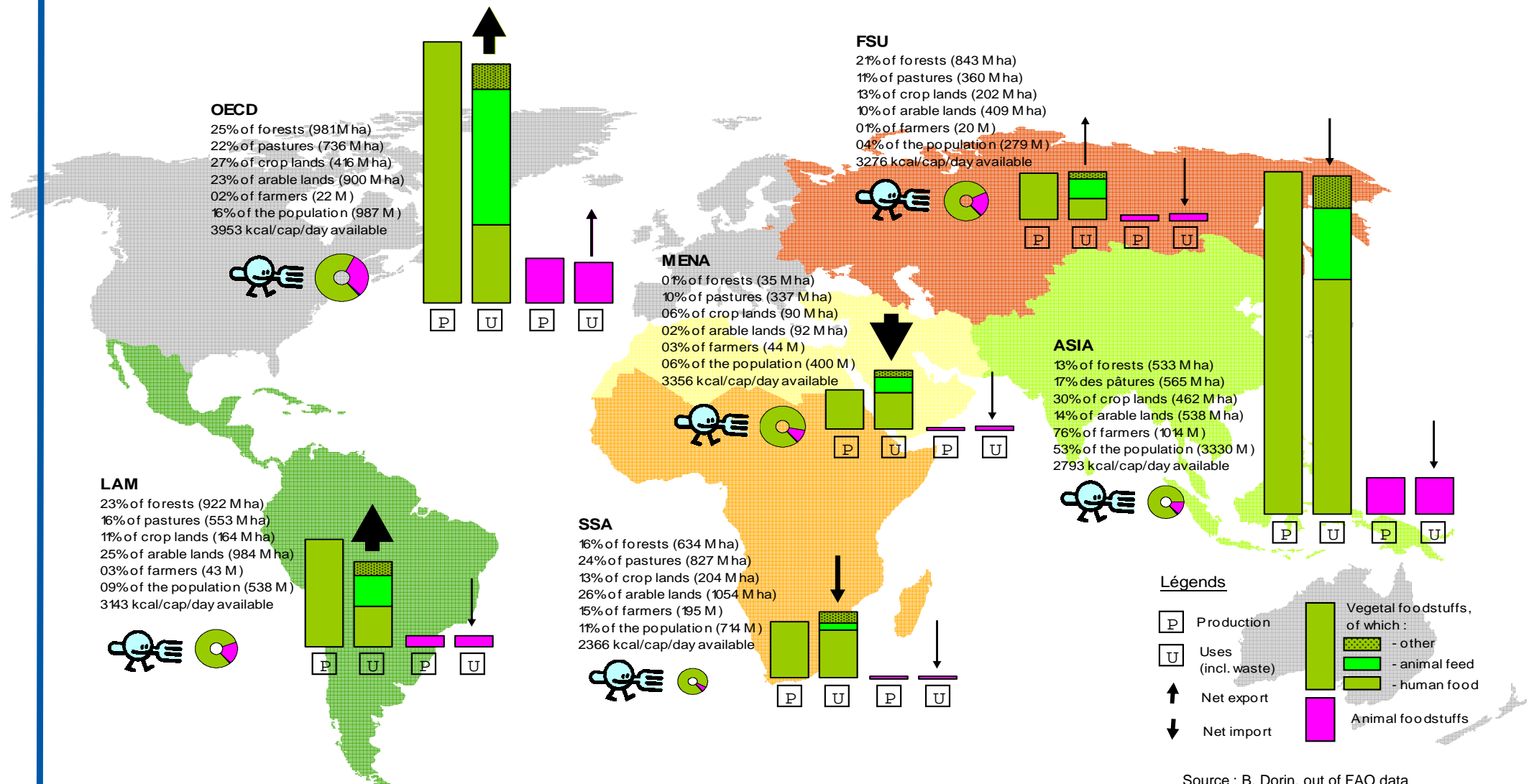
- protéines animales :  
12 g/jour sur 60 (20%)
- lipides animales :  
10 g/jour sur 48 (20%)



### ③ Vers quel nouvel «équilibre» en 2050 ?

#### Ressources, Productions, échanges et usages de biomasses alimentaires (2003)

<http://www.cirad.fr/upload/en/communique/Cirad-Inra-Agrimonde-FR.pdf>



Source : B. Dorin, out of FAO data

Scénarios, hypothèses, débats collectifs... (2050)

Simulations  
Agribiom

# Scenarios et défis pour nourrir le monde en 2050

Deux explorations Agrimonde : les mondes “AGO” et “AG1”

## ① Vers quel nouvel «équilibre» en 2050 avec...

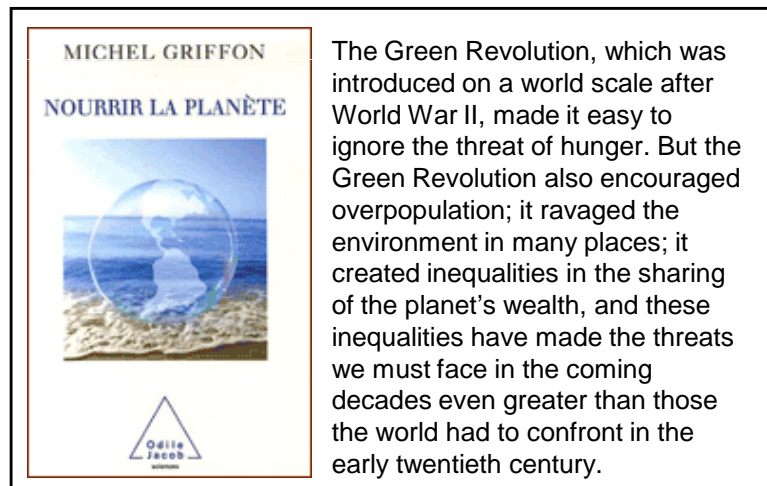
- +/- **population** (7-11 milliards d'habitants en 2050) ?
- +/- revenus, **distribution des revenus**, migrations de populations  
(opportunités locales de revenus décents, d'autosubsistance...) ?
- +/- changement dans les **régimes alimentaires** (végétal/animal, macro/micro nutriments...) ?
- +/- demande en **produits non-alimentaires** (bioénergies, biomatériaux...) ?
- +/- libéralisation économique et **confiance dans le commerce international**  
("souveraineté" en céréales / autres produits de base / aliments pour animaux / produits alimentaires animaux...) ?
- +/- **régulations environnementales** (forêts, gaz à effets de serre, biodiversité...) ?
- +/- **chocs graves sur ressorts de productivité** (énergies fossiles, eau, pesticides, phosphates...) ?
- +/- **changement climatique**
- .../...

## ② Les mondes “AGO” et “AG1”

### ■ Deux scénarios “revisités”

#### Le scénario *Révolution doublement verte*

Source: Griffon M., 2006. Nourrir la planète. Pour une Révolution doublement verte, Odile Jacob, Paris



Plateforme  
Agrimonde



Le scénario AG1  
« Agrimonde 1 »

Le scénario AGO  
« Agrimonde GO »

#### Les scénarios *Millennium Ecosystem Assessment*

Source: MEA, 2005. Ecosystems and Human Well-being: Scenarios, The Millennium Ecosystem Assessment, Washington DC.

##### Global Orchestration

A globally connected society that focuses on global trade and economic liberalization and takes a reactive approach to ecosystem problems but that also takes strong steps to reduce poverty and inequality and to invest in public goods such as infrastructure and education. Economic growth in this scenario is the highest of the four scenarios, while it is assumed to have the lowest population in 2050.

##### Globalisation

##### Techno-Garden

A globally connected world relying strongly on environmentally sound technology, using highly managed, often engineered, ecosystems to deliver ecosystem services, and taking a proactive approach to the management of ecosystems in an effort to avoid problems. Economic growth is relatively high and accelerates, while population in 2050 is in the midrange of the scenarios.

##### Réactivité

##### Pro-activité

##### Order from Strength

A regionalized and fragmented world, concerned with security and protection, emphasizing primarily regional markets, paying little attention to public goods, and taking a reactive approach to ecosystem problems. Economic growth rates are the lowest of the scenarios (particularly low in developing countries) and decrease with time, while population growth is the highest.

##### Régionalisation

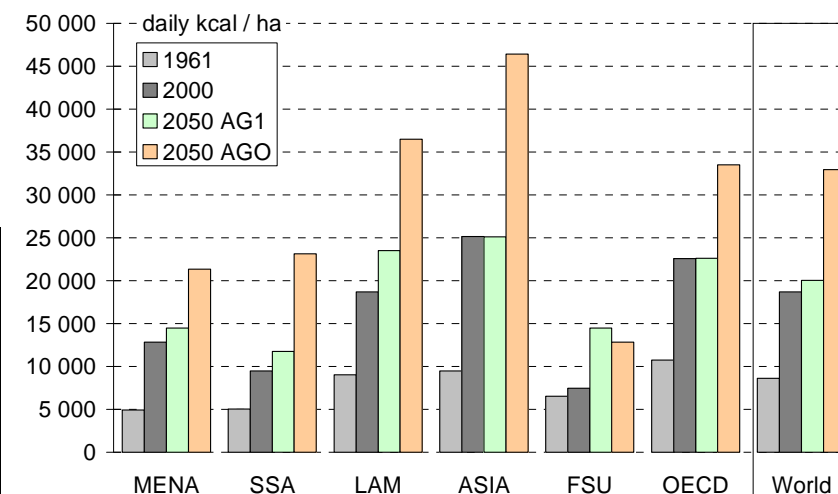
##### Adapting Mosaic

Regional watershed-scale ecosystems are the focus of political and economic activity. Local institutions are strengthened and local ecosystem management strategies are common; societies develop a strongly proactive approach to the management of ecosystems. Economic growth rates are somewhat low initially but increase with time, and population in 2050 is nearly as high as in Order from Strength.



# Principales hypothèses quantitatives

		2003	2050 - AG1	2050 - AGO
Uses	Population	6.2 Gcap	8.8 (+42%)	8.8 (+42%)
	Human food	3,000 kcal/day/cap 17% Non-Veg	<b>3,000</b> <b>17% Non-Veg</b>	<b>3,590 (+19%)</b> <b>23% Non-Veg</b>
	Other uses	~14,440 Gkcal/day	Feed (Agribiom) + seed (3%) + waste (max 4%) + other (max 5%)	Feed (Agribiom) + seed (3%) + waste (max 4%) + other (max 5%)
Ressources	Food yields	~19,190 kcal/day/ha	~20,030 (+4%)	~32,940 (+75%)
	Crop land - for N-Food	~1,530 Mha neg.	~2,105 (+38%) 224 Mha	~1,860 (+21%) 217 Mha
	Pastures	~3,330 Mha	~2,845 (-14%)	~3,585 (+8%)
	Forest	~3,905 Mha	no change	no change

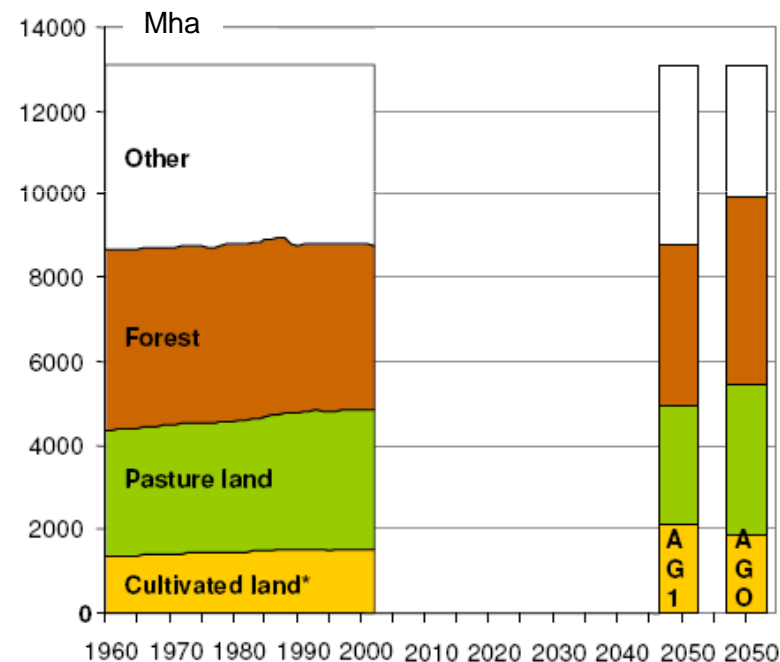
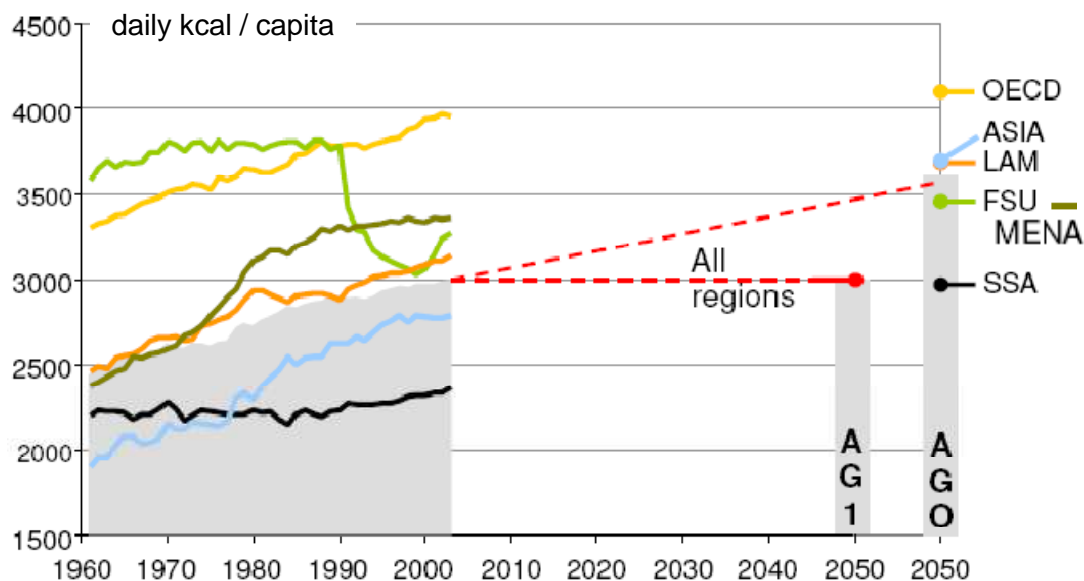


Rendements

Terres

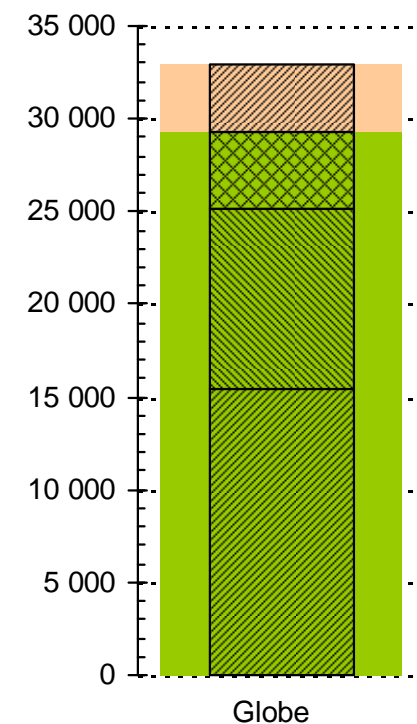
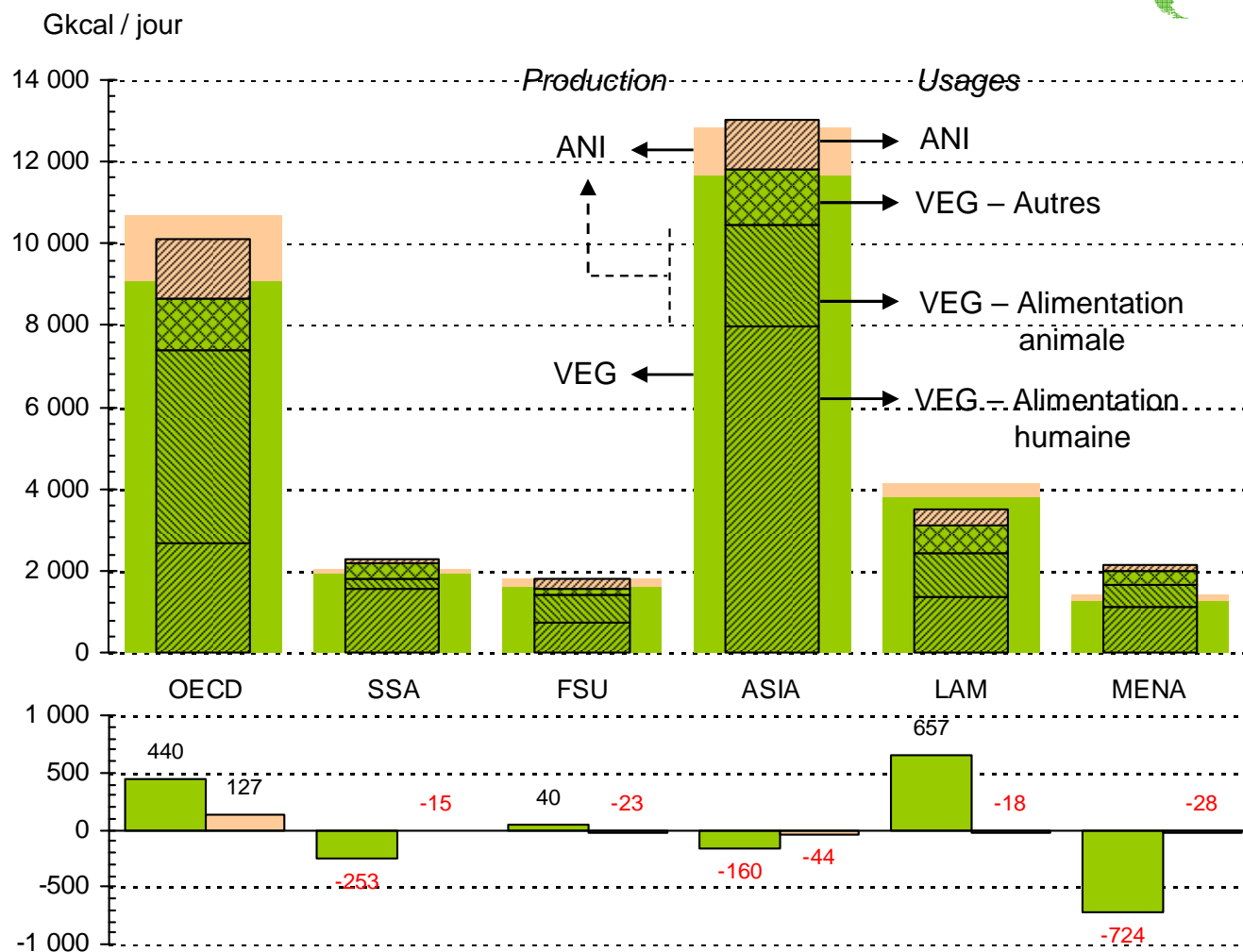
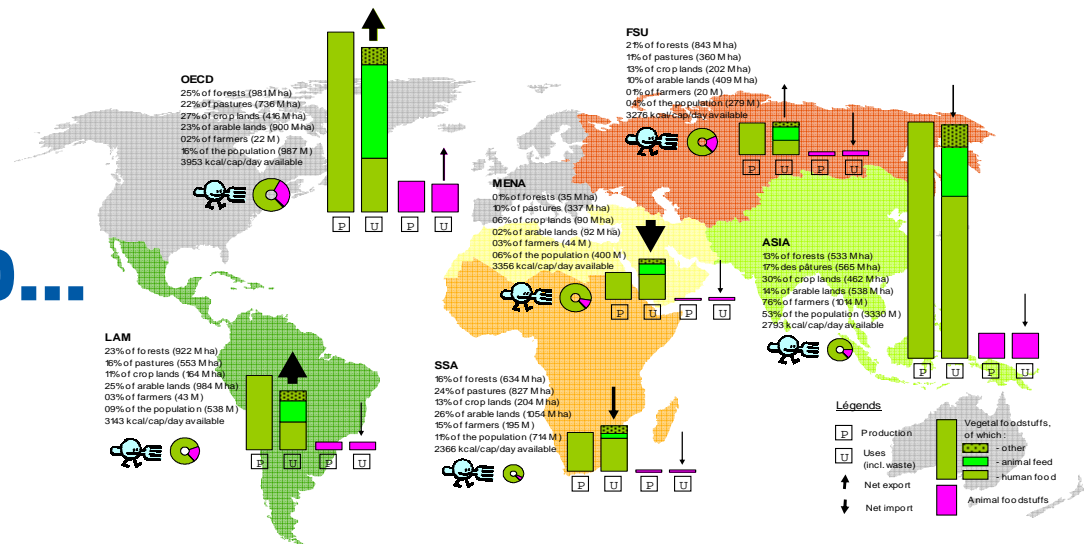
Trade : h01 : trade of plant food only (i.e. no trade of animal foodstuffs or by-products)  
h02 : import of animal foodstuffs instead of import of plant feed

## Alimentations



### ③ Deux hypothétiques nouveaux équilibres pour 2050...

■ Base de référence 2003



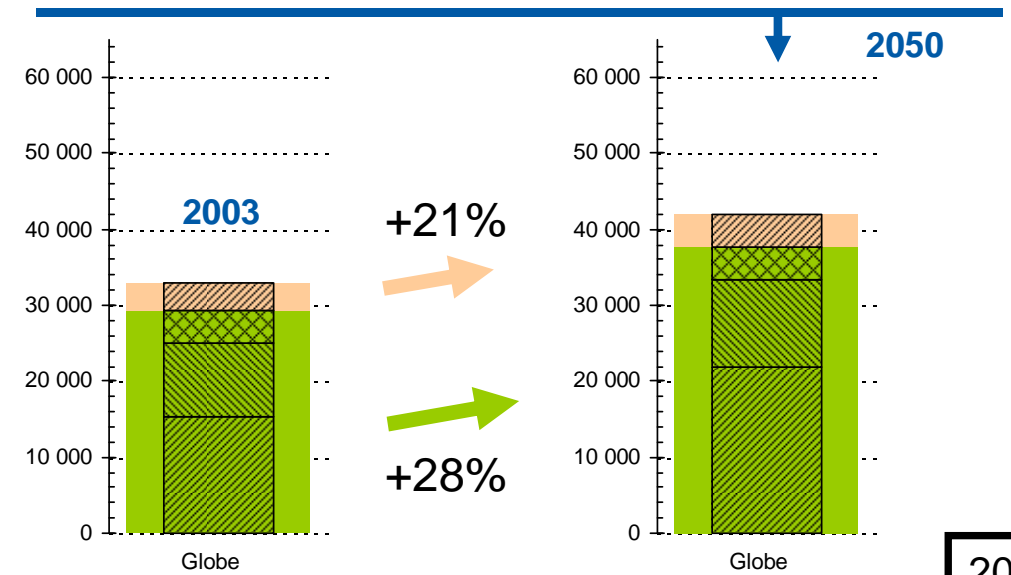
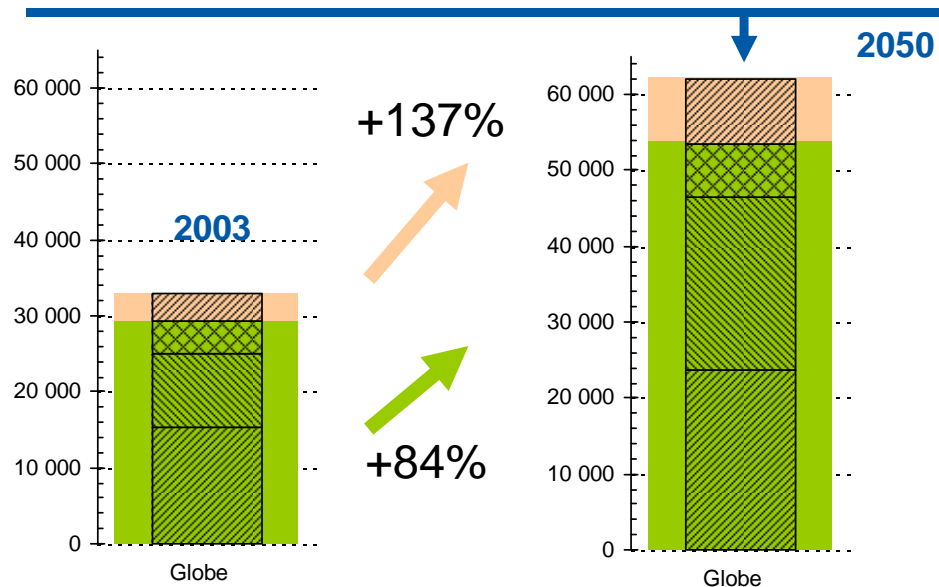
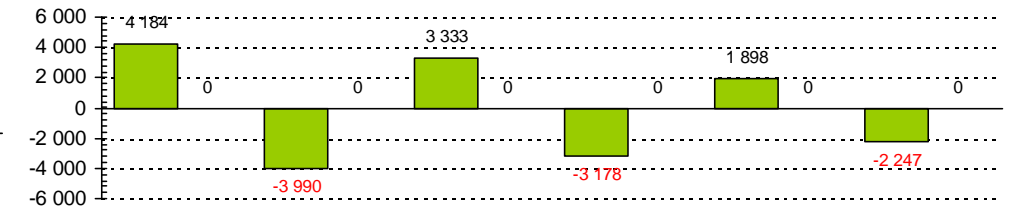
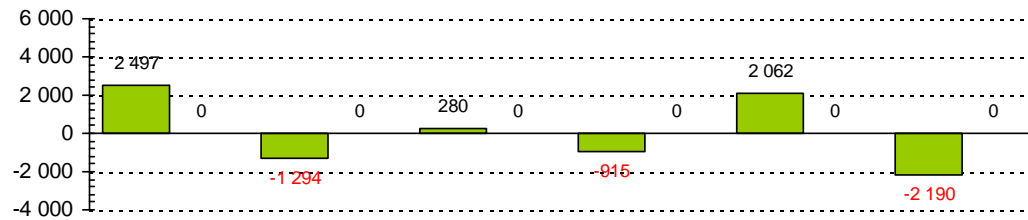
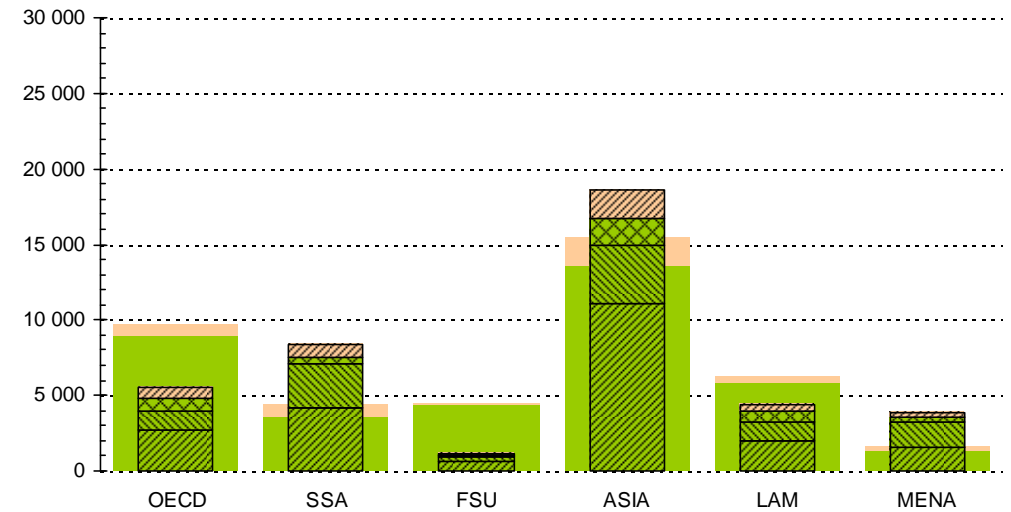
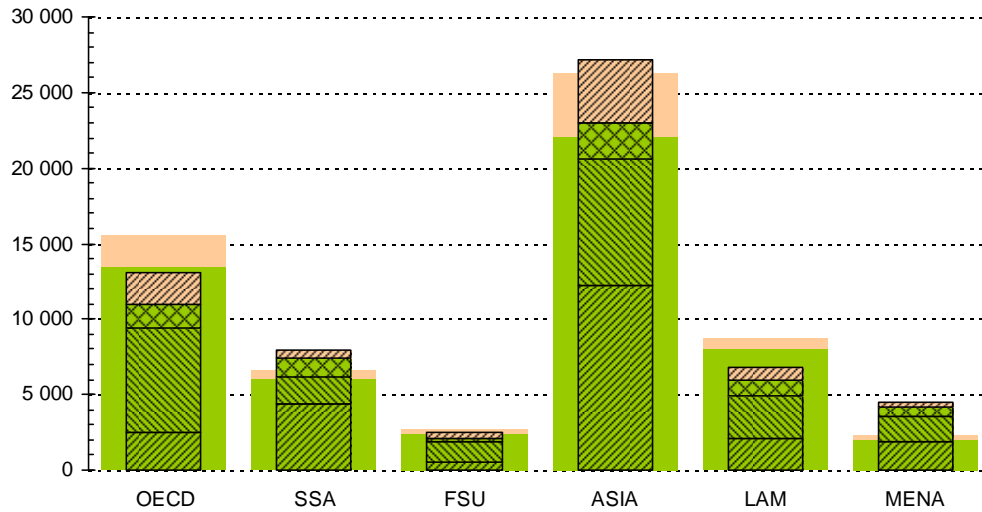
Source : B. Dorin, out of FAO data

# Scenario 2050 - AGO

AGO.h01

# Scenario 2050 - AG1

AG1.h01





## ④ Parmi les conclusions...

La planète peut nourrir 9 milliards d'habitants en 2050 mais...

- la composition des **assiettes** (quantité, qualité, diversité...) détermine fortement la santé des populations et celle des écosystèmes ; on peut par exemple nourrir correctement 9 milliards d'humains en 2050 sans multiplier par deux la production agricole, mais par 1,3 seulement en assurant à chacun une disponibilité se rapprochant de 3000 kcal/jour, dont 2500 d'origine végétale
- c'est par un recours à des **importations** accrues de produits alimentaires que certaines régions de la planète pourront
  - assurer l'approvisionnement correct de leurs populations
  - éviter leur migration massive,sous réserve (a) de revenus pour accéder à ces importations (...)  
(b) de confiance beaucoup plus importante qu'aujourd'hui  
dans le système d'organisation et de sécurisation des échanges
- maintenir ou augmenter durablement les **rendements**  
invite à s'interroger sur :
  - les ressorts de la productivité  
(artificialisation/spécialisation des terres *versus* « intensification écologique »)
  - l'organisation de l'utilisation de l'espace  
(ségrégation *versus* intégration des espaces dits « naturels » et « artificialisés »).

## A suivre...

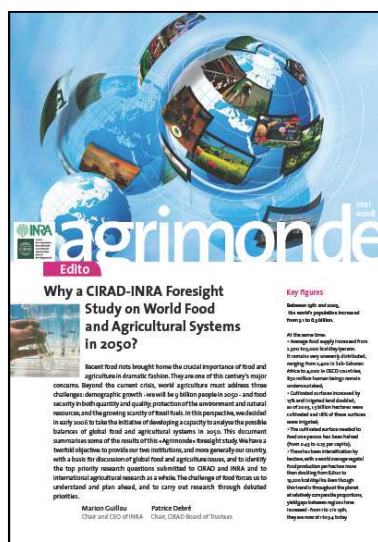
- Besoin d'impliquer divers acteurs et disciplines dans les questions et débats sur l'agriculture, la sécurité alimentaire, la sécurité sanitaire, la qualité de l'alimentation, etc.
- Besoin de construire et débattre d'autres scénarios d'agricultures et d'alimentations, ...à diverses échelles géographiques
- Besoin de mieux évaluer/modéliser
  - les consommations d'eau et d'énergies fossiles
  - l'émission/stockage de GHG (C, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O...)
  - les emplois et revenus régionaux / les migrations
  - .../...

# Pour en savoir plus...

[http://www.inra.fr/l\\_institut/prospective/agrimonde](http://www.inra.fr/l_institut/prospective/agrimonde)

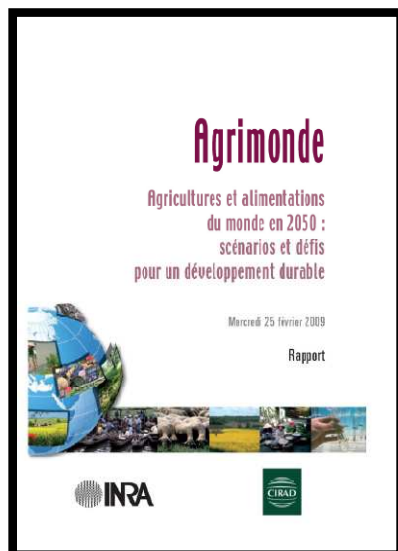
<http://www.cirad.fr/actualites/toutes-les-actualites/articles/2009/science/resultats-de-la-prospective-agrimonde>

**Premiers résultats**  
Brochure 8 pages  
Mai 2008

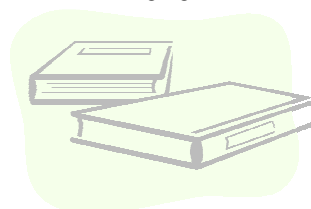


FR & EN

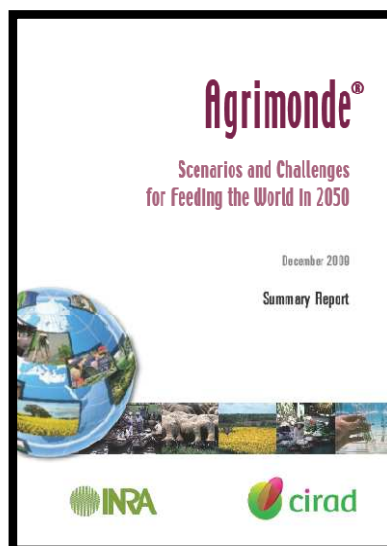
**RAPPORT**  
200 pages  
Fev. 2009



Bientôt...  
**LIVRES (FR & EN)**  
2010



**RAPPORT résumé**  
32 pages  
Juin 2009



FR & EN  
**Versions actualisées**  
Décembre 2009

**BROCHURE**  
12 pages  
Oct 2009



FR

**VIDEOS**  
Présentations & débats  
Fév-Oct. 2009



FR

# Merci

